

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI PHAY ƯỚT HỢP KIM NHÔM AA7075

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE EFFECT OF CUTTING PARAMETERS ON THE SURFACE ROUGHNESS IN WET MILLING OF AA7075 ALUMINIUM ALLOY

Lê Như Trang

Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu mối quan hệ và đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt chi tiết khi phay hợp kim nhôm AA7075. Xây dựng phương trình hồi quy độ nhám bề mặt khi gia công không sử dụng dung dịch trơn nguội. Nghiên cứu thực nghiệm so sánh độ nhám bề mặt khi gia công có sử dụng dung dịch trơn nguội theo thời gian và đưa ra các biểu đồ mức độ ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt. Đánh giá hiệu quả của việc gia công có sử dụng dung dịch làm mát. Kết quả nghiên cứu làm cơ sở để các nhà công nghệ lựa chọn điều kiện gia công cho phù hợp kinh tế mà vẫn đảm bảo được năng suất và chất lượng chi tiết gia công.

Từ khóa: Gia công ướt; Hợp kim nhôm AA7075; Độ nhám bề mặt.

ABSTRACT

This paper studied the relationship and evaluation of the influence of cutting parameters on the surface roughness in the milling of the aluminum alloy AA7075. The regression equation of the surface roughness was built in the wet machining process. An experimental study comparing the surface roughness during the wet machining and the influence of the technological parameters on surface roughness were given. The effects of machining using coolant were also evaluated. The research results are useful for the technology providers to decide the appropriate economically processing conditions for ensuring the productivity and quality of the machining details.

Keywords: AA7075 aluminum alloy; Surface roughness; Wet machining.

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, với sự phát triển của nền công nghiệp, gia công trên máy CNC đang là xu hướng mà các nhà công nghệ, các xí nghiệp, các khu công nghiệp lựa chọn bởi sự linh hoạt trong việc lập trình và gia công, cho năng suất và chất lượng cao, tiết kiệm thời gian và chi phí gia công. Độ nhám bề mặt là yếu tố không thể thiếu khi đánh giá khả năng làm việc của chi tiết máy, nó quyết định đến độ bền và tuổi thọ làm việc của chi tiết máy.

Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt chi tiết gia công đã được các nghiên cứu đề cập đến như nghiên cứu của tác giả H.R.Siller [1] đã nghiên cứu hình thái mài mòn của dụng cụ cắt đến chất lượng bề mặt chi tiết khi phay thép hợp kim AISI D3. Kết quả của nghiên cứu cũng làm cơ sở để tối ưu hóa quá trình gia công thép cứng. Nghiên cứu của Dea Kyun Beak [2] đã sử dụng mô hình độ nhám bề mặt để tối ưu hóa bước tiến dao khi phay. Kết quả nghiên cứu cho thấy từ việc dự đoán giá trị độ nhám bề mặt và tối ưu hóa bước tiến dao để cho tốc độ dịch chuyển kim loại khi cắt là lớn nhất. Joshua [3] cùng các cộng sự đã thực nghiệm dự đoán các thông số về độ nhám bề mặt khi phay tinh hợp kim nhôm A6061 có sử dụng dung dịch làm trơn nguội. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy bước tiến dao có ảnh hưởng đáng kể nhất đến độ nhám bề mặt, sau đó là tốc độ trục chính và chiều sâu cắt có ảnh hưởng ít nhất. Khi sử dụng dung dịch trơn nguội, độ nhám bề mặt giảm xuống còn 20% làm cho chất lượng bề mặt tốt hơn. Sidda Reddy và các cộng sự [4] đã sử dụng thuật toán di truyền để tối ưu hóa các thông số cắt khi phay tinh mặt phẳng. Tác giả sử dụng phương pháp dự đoán để tối ưu hóa độ nhám bề mặt khi phay thép làm khuôn P20. Các tham số được xét đến trong nghiên cứu là bán kính mũi dao,

tốc độ cắt, lượng chạy dao và chiều sâu cắt. Sau khi thực hiện tối ưu, độ nhám bề mặt giảm so với ban đầu là 44,22%. Cui [5] khi nghiên cứu về phay cao tốc thép có độ cứng cao AISI H1, nghiên cứu xác định độ nhám bề mặt khi phay thuận, phay nghịch và phay đối xứng cho thấy tốc cắt nhỏ hơn 1500 m/phút chất lượng bề mặt giảm khi tốc độ cắt tăng. Khi tốc độ cắt lớn hơn 1500 m/phút thì độ nhám bề mặt tăng khi tăng tốc độ cắt. Chất lượng bề mặt gia công là khác nhau khi (phay thuận, phay nghịch, phay đối xứng) là gần như nhau trong phạm vi tốc độ cắt 1500 m/phút đến 2000 m/phút. Khi tốc độ cắt tăng thì mài mòn dụng cụ cắt cũng tăng làm chất lượng bề mặt chi tiết giảm. Về độ nhám bề mặt cũng được các nghiên cứu khác đề cập đến [6], [7], [8], [9]. Các nghiên cứu trên xét đến ảnh hưởng của các yếu tố đến độ nhám bề mặt gia công.

Nghiên cứu về độ nhám bề mặt đo được khi gia công khô so với gia công ướt cũng được tác giả [10] đề cập đến. Kết quả cho thấy rằng khi tiện tinh thép 1045 khi có dầu tổng hợp và gia công khô thì độ nhám khi gia công khô nhỏ hơn. Một số nghiên cứu khác so sánh giữa các yếu tố về gia công khô, gia công ướt và gia công có sử dụng dầu bôi trơn như các nghiên cứu sau [11], [12], [13], [14], [15].

Tuy nhiên, việc khảo sát các thông số công nghệ đến độ nhám bề mặt gia công khi phay hợp kim nhôm AA7075 bằng dao phay ngón chưa được đề cập đến nhiều. Nghiên cứu này thực nghiệm làm rõ các ảnh hưởng của thông số công nghệ trong các điều kiện cắt có sử dụng dung dịch làm mát đến độ nhám bề mặt chi tiết gia công. Từ kết quả nghiên cứu giúp cho nhà công nghệ cũng như các nhà máy, xí nghiệp điều chỉnh các điều kiện cắt để đạt hiệu quả và kinh tế cao nhất khi gia công hợp kim nhôm AA7075.



2. ĐIỀU KIỆN THỰC NGHIỆM

2.1. Thiết bị và vật liệu thực nghiệm

a. Máy phay

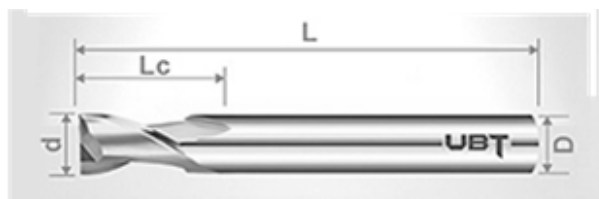
Nghiên cứu sử dụng máy phay CNC HS Super MC500 như trên Hình 1 với các thông số chính: tốc độ quay trục chính $100 \div 30000$ (vòng/phút); công suất trục chính 15 KW; tốc độ dịch chuyển của bàn máy cắt gọt: $1 \div 30000$ (mm/phút); tốc độ chạy không lớn nhất: 48000 (mm/phút). Hành trình dịch chuyển của bàn máy: $X \times Y \times Z = 500 \times 400 \times 300$ (mm).

b. Dụng cụ cắt

Thực nghiệm dùng dao phay ngón HSSCo8 có phủ TiN, kích thước dao $6 \times 6 \times 15 \times 60$ mm, dao có 02 me cắt. Dao có độ cứng đạt được của dụng cụ đặt đến 60 HRC và khi phủ TiN cho độ bền cao, chống mài mòn và có thể làm việc ở nhiệt độ cao, rút ngắn thời gian gia công vật liệu.



Hình 1. Máy phay MC500



Kích thước (mm)			
d	D	L _c	L
φ6	6	15	60

Hình 2. Thông số hình học của dụng cụ cắt

c. Vật liệu gia công [16]

Hợp kim nhôm A7075 là dòng hợp kim biến dạng hóa bền và là hợp kim nhôm có độ bền cao nhất. Nó thường được sử dụng chủ yếu trong ngành công nghiệp hàng không vũ trụ và thỏi đúc, cơ khí chính xác, v.v... Thành phần hóa học của nhôm A7075 trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học của hợp kim nhôm AA7075 (%) [17]

Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
1,2-2,0	0,3	2,1-2,9	0,18-0,28	5,1-6,1	0,2	Còn lại

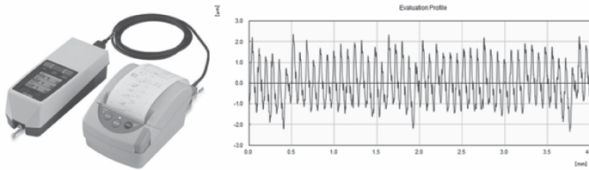
Đặc tính kỹ thuật của hợp kim nhôm A7075 được thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2. Đặc tính vật lý của hợp kim nhôm A7075

Đặc tính vật lý	Giá trị	Đặc tính vật lý	Giá trị
Nhiệt độ nóng chảy (°C)	483	Mô-đun đàn hồi (Gpa)	70-80
Hệ số dẫn nhiệt (W/m.K)	130	Điện trở (Ω.m)	3,99e-006
Nhiệt dung riêng (J/g-°C)	0,896	Ứng suất uốn (Mpa)	95
Tỷ trọng (kg/m³)	2,7	Ứng suất kéo (Mpa)	150
Độ cứng (HB)	60	Hệ số Poisson	0,33

d. Thiết bị đo nhám bề mặt

Thiết bị đo nhám bề mặt MITSUTOYO – Surftest SJ – 210 của Nhật tại Phòng Kỹ thuật Đo lường, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.



Hình 3. Thiết bị đo độ nhám bề mặt và kết quả đo

Bảng 3. Tham số cắt dùng cho thực nghiệm

TT	Tham số	Đơn vị	Mức 1	Mức 2	Mức 3
1	V (Vận tốc cắt)	m/phút	188	282	376
2	S (Bước tiến)	mm/phút	800	1200	1600
3	t (Chiều sâu cắt)	mm	0,5	1,0	1,5

3.2. Xây dựng mô hình toán học của độ nhám bề mặt khi gia công ướt hợp kim nhôm AA7075

Mô hình toán học độ nhám bề mặt chi tiết gia công phụ thuộc vào thông số công nghệ (t, S, V) khi phay hợp kim nhôm AA7075 được miêu tả bằng phương trình phi tuyến sau:

$$R_a = a.t^b.S^c.V^d \quad (1)$$

Trong đó: R_a là độ nhám bề mặt (μm); a, b, c, d là hệ số được xác định trong quá trình thực nghiệm. Bằng phần mềm Excel với công cụ Regression các kết quả phân tích phương sai cho trên. Phân tích phương sai cho thấy F lý

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết kế thực nghiệm đo độ nhám bề mặt

Thực nghiệm đo độ nhám bề mặt được thực hiện với các thông số công nghệ cho trên bảng 2. Các thông số này gồm ba mức khác nhau ứng các biến mã hóa và kết quả đo nhám bề mặt cho trên Bảng 4.

thuyết bằng 0,00012 là nhỏ hơn 0,5. Như vậy, phương trình hồi quy thu được phù hợp với thực tế (Bảng 6). Phương trình phụ thuộc của R_a tới các thông số công nghệ sẽ là:

$$R_{aU_1} = 0,634.t^{0,0375}.S^{0,102}.V^{-0,059} \quad (5)$$

$$R_{aU_2} = 0,055.t^{0,150}.S^{0,445}.V^{-0,295} \quad (6)$$

$$R_{aU_3} = 0,694.t^{0,037}.S^{0,110}.V^{-0,076} \quad (7)$$

Tương tự, Bảng 6 cũng thể hiện kết quả phân tích hồi quy của R_a đến (t, S, V), phân tích này cho thấy giá trị R Square là 0,933 và so sánh chuẩn Fisher giữa tính toán là 36,92 lớn hơn giá trị lý thuyết (4,35), như vậy cho thấy một trong các hệ số từng phần là khác 0 và mức ý nghĩa của thống kê là cao. 

Bảng 4. Bảng mã hóa và kết quả đo nhám bề mặt

TT	Biến mã hóa			Chế độ cắt			R_a (μm)
	X1	X2	X3	V (m/phút)	S (mm/phút)	t (mm)	
1	-1	-1	-1	188	800	0,5	0,186
2	1	-1	-1	188	800	1,5	0,253
3	-1	1	-1	188	1600	0,5	0,280
4	1	1	-1	188	1600	1,5	0,333
5	-1	-1	1	376	800	0,5	0,165
6	1	-1	1	376	800	1,5	0,195
7	-1	1	1	376	1600	0,5	0,229
8	1	1	1	376	1600	1,5	0,242
9	0	0	0	282	1200	1,0	0,226
10	0	0	0	282	1200	1,0	0,227
11	0	0	0	282	1200	1,0	0,238

Bảng 5. Hệ số phân tích hồi quy của R_a khi gia công khô

Predictor	Hệ số	Standard error	t statistic	p value	Lower 95%	Upper 95%
Constant	-2,715	0,513	-5,292	0,001	-3,929	-1,502
x_1	0,156	0,036	4,353	0,003	0,071	0,241
x_2	0,440	0,057	7,698	0,000	0,305	0,575
x_3	-0,329	0,057	-5,748	0,001	-0,464	-0,193

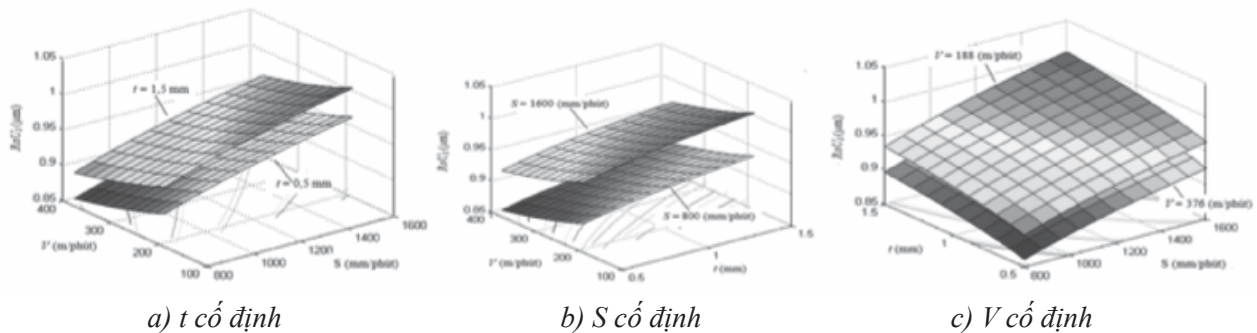
Phương trình (5) cho ta đồ thị mối quan hệ giữa R_a với các thông số công nghệ công nghệ (t, S, V) như hình 4. Khi cố định một thông số công nghệ cho thấy sự biến thiên của R_a với các thông số công nghệ. Khi R_a tăng khi chiều sâu cắt tăng và lượng ăn dao tăng (hình a – khi V không đổi). Khi cố định lượng chạy dao S thì R_a tăng cùng với sự tăng của t và giảm cùng với sự gia tăng của V (hình 4-b). Trên hình 4-c tăng cũng theo quy luật trên. Như vậy, sự tăng giảm các thông số công nghệ đều ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt gia công. Để đảm bảo độ nhám bề mặt gia công thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật, người công nghệ phải điều chỉnh các thông số cắt phù hợp.

Bảng 6. Phân tích ANOVA độ nhám bề mặt khi gia công ướt

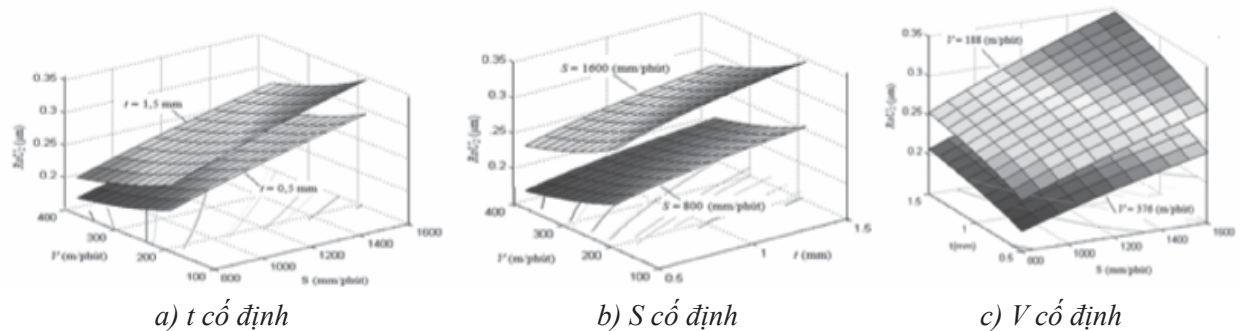
Source	DOF	SS	MS	F	P	R-sq(adj)
Regression	3	0,35076	0,11692	36,92437	0,00012	
Error	7	0,02217	0,00317			
Total	10	0,37292				
R^2						0,9333

3.3. Ảnh hưởng của gia công ướt đến độ nhám bề mặt

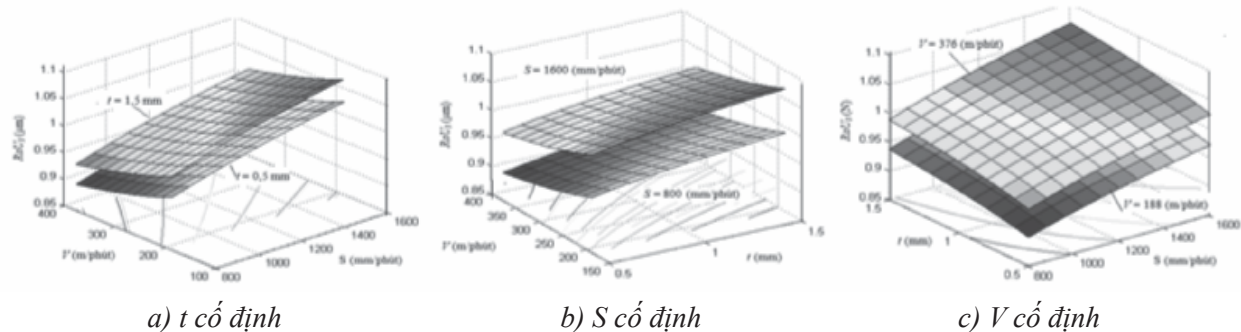
Để đánh giá ảnh hưởng của dung dịch trơn nguội đến độ nhám bề mặt, nghiên cứu tiến hành thực nghiệm gia công hợp kim nhôm A7075 ở cùng điều kiện trong trường hợp có sử dụng dung dịch trơn nguội theo các thời gian khác nhau cho các thí nghiệm và kết quả thực nghiệm được thể hiện trên hình 5. Kết quả cho thấy hầu hết các thí nghiệm độ nhám bề mặt khi gia công khô đều thấp hơn khi gia công ướt.



Hình 4. Độ nhám ($RaU1$) ứng với t , S , V ở thời gian 90 phút khi phay ướt hợp kim nhôm A7075



Hình 5. Độ nhám ($RaU2$) ứng với t , S , V ở thời gian 180 phút khi phay ướt hợp kim nhôm A7075



Hình 6. Độ nhám ($RaU3$) ứng với t , S , V ở thời gian 270 phút khi phay ướt hợp kim nhôm A7075

Bảng 7 cho thấy sự sai lệch của độ nhám bề mặt khi gia công khô và gia công ướt. Kết quả so sánh cho thấy khi gia công có sử dụng dung dịch trơn nguội thì độ nhám bề mặt lớn hơn độ nhám bề mặt khi gia công không có dung dịch trơn nguội nhiều nhất ở thí nghiệm 1 và thí nghiệm 5 lần

lượt là 19,25% và 19,03%. Sai lệch nhỏ nhất lần lượt là 0,06% và 0,03% ở các thí nghiệm 3 và 11. Như vậy, sai lệch giữa trường hợp có sử dụng dung dịch, không sử dụng dung dịch là không đáng kể, do vậy để tiết kiệm chi phí gia công và bảo vệ môi trường, sức khỏe người lao động sử dụng gia công khô hoàn toàn hợp lý.

Bảng 7. Sai lệch độ nhám bề mặt khi gia công khô và gia công ướt

Số TN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R_a gia công khô	0,186	0,235	0,280	0,333	0,165	0,195	0,229	0,242	0,226	0,227	0,238
R_a gia công ướt	0,230	0,263	0,280	0,342	0,203	0,211	0,237	0,254	0,239	0,237	0,239
% sai lệch	19,25	3,81	0,06	2,54	19,03	7,73	3,15	4,89	5,31	4,47	0,30

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu thực nghiệm gia công hợp kim nhôm A7075 khi có sử dụng dung dịch trơn nguội bằng dao phay ngón. Xây dựng được phương trình hồi quy ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng bề mặt chi tiết gia công. Từ phương trình hồi quy cho thấy, khi tăng chiều sâu cắt và lượng chạy dao thì độ nhám bề mặt tăng và mức độ tăng của lượng chạy dao ảnh hưởng nhiều nhất đến độ nhám bề mặt. Khi tăng vận tốc cắt thì độ nhám bề mặt giảm.

Nghiên cứu cũng so sánh độ nhám bề mặt khi phay hợp kim nhôm A7075 ở cùng điều kiện công nghệ khi có sử dụng theo thời gian. Kết quả cho thấy rằng, độ nhám bề mặt chi tiết sau gia công có sự thay đổi không đáng kể. Như vậy, việc có sử dụng dung dịch làm mát khi gia công sẽ làm giảm chi phí, tiết kiệm thời gian và năng suất gia công. ❖

Ngày nhận bài: 22/5/2023

Ngày phản biện: 12/6/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. H. R. Siller, C. Vila, C. A. Rodríguez, and J. V. Abellán; “Study of face milling of hardened AISI D3 steel with a special design of carbide tools”. Int. J. Adv. Manuf. Technol., vol. 40, no. 1-2, pp. 12-25, 2009.
- [2]. D. K. Baek, T. J. Ko, and H. S. Kim; “Optimization of feedrate in a face milling operation using a surface roughness model”. Int. J. Mach. Tools Manuf., vol. 41, no. 3, pp. 451-462, 2001.
- [3]. O. S. Joshua, M. O. David, and I. O. Sikiru; “Experimental Investigation of Cutting Parameters on Surface Roughness Prediction during End Milling of Aluminium 6061 under MQL (Minimum Quantity Lubrication)”. J. Mech. Eng. Autom., vol. 5, no. 1, pp. 1-13, 2015.
- [4]. B. Sidda Reddy, J. Suresh Kumar, and K. Vijaya Kumar Reddy; “Optimization of surface roughness in CNC end milling using response surface methodology and genetic algorithm”. Int. J. Eng. Sci. Technol., vol. 3, no. 8, pp. 102-109, Aug. 2012.
- [5]. X. Cui, J. Zhao, and X. Tian; “Cutting forces, chip formation, and tool wear in high-speed

- face milling of AISI H13 steel with CBN tools*". Int. J. Adv. Manuf. Technol., vol. 64, no. 9-12, pp. 1737-1749, 2013.
- [6]. K. Tug; "Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks". Int. J. Mach. Tools Manuf., vol. 45, pp. 467-479, 2005.
- [7]. T. Ding, S. Zhang, Y. Wang, and X. Zhu; "Empirical models and optimal cutting parameters for cutting forces and surface roughness in hard milling of AISI H13 steel". Int. J. Adv. Manuf. Technol., vol. 51, no. 1-4, pp. 45-55, 2010.
- [8]. C. Felho, B. Karpuschewski, and J. Kunderák; "Surface roughness modelling in face milling". Procedia CIRP, vol. 31, pp. 136-141, 2015.
- [9]. M. Kuttolamadom, S. Hamzehlouia, and L. Mears; "Effect of Machining Feed on Surface Roughness in Cutting 6061 Aluminum". SAE Int. J. Mater. Manuf, vol. 3, no. 1, pp. 108-119, 2010.
- [10]. A. E. Diniz and R. Micaroni; "Cutting conditions for finish turning process aiming: the use of dry cutting". Int. J. Mach. Tools Manuf., vol. 42, pp. 899-904, 2002.
- [11]. B. Davoodi and A. H. Tazehkandi; "Experimental investigation and optimization of cutting parameters in dry and wet machining of aluminum alloy 5083 in order to remove cutting fluid". J. Clean. Prod., vol. 68, pp. 234-242, 2014.
- [12]. T. Leppert; "International Journal of Machine Tools & Manufacture Effect of cooling and lubrication conditions on surface topography and turning process of C45 steel". Int. J. Mach. Tools Manuf., vol. 51, no. 2, pp. 120-126, 2011.
- [13]. N. R. Dhar, M. Kamruzzaman, and M. Ahmed; "Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel". vol. 172, pp. 299-304, 2006.
- [14]. A. S. Varadarajan, P. K. Philip, and B. Ramamoorthy; "Investigations on hard turning with minimal cutting fluid application (HTMF) and its comparison with dry and wet turning". Int. J. Mach. Tools Manuf., vol. 42, pp. 193-200, 2002.
- [15]. S. Masoudi, M. Javad, E. Farshid, J. Seyed, and A. Mirsoleimani; "Comparison the Effect of MQL, Wet and Dry Turning on Surface Topography, Cylindricity Tolerance and Sustainability". Int. J. Precis. Eng. Manuf. Technol., no. 0123456789, 2019.
- [16]. Lê Công Dường (1996); *Vật liệu học*. NXB. Khoa học Kỹ thuật.
- [17]. M. S. Swan; "Incorporation of a general strain to failure fracture criterion into a stress – based plasticity model through a time to failure to failure by". Thesis Mech. Eng. – Univ. Utah, USA., no. May, 2012.